Aus dem Institut für physikalische Therapie
und Röntgenologie der Universität
München
Vorstand: Prof. Dr. G. Boehm.

Über die zweckmäßigste Technik der Darstellung resp. Auffindung von Kavernen mittels röntgenologischer Methoden

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde in der gesamten Medizin
verfaßt und einer
Hohen Medizinischen Fakultät der Bayerischen
Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von

Volontärarzt
Philipp Gottfried
aus Regensburg

1939

Pilger-Druckerei G. m. b. H., Speyer a. Rh.

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Bayer. Ludwig-Maximilians-Universität zu München

Referent: Dr. G. Boehm.

*

Tag der mündlichen Prüfung:
28. 11. 38.

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

Wohl bei keiner chronischen Infektionskrankheit spielt die Frühdiagnose eine derart überragende Rolle im Bezug auf die Heilungsaussichten wie bei der Tuberkulose der Lungen. Alexander (Agra) berechnet bis zu 90% vollkommene Heilung dieser Krankheit bei rechtzeitiger röntgenologischer Erfassung. Vor Anwendung des Röntgenverfahrens war der klinische Nachweis der Anfangstuberkulose Erwachsener deshalb so schwierig, weil sich, wie auch heute noch, in den seltensten Fällen ein klinisch-physikalischer Befund erheben ließ. Der Idealzustand wäre es, bereits das Frühinfiltrat, also das Stadium, wo noch kein Aushusten von Bazillen besteht, röntgenologisch zu erfassen. Leider sind in diesem Stadium die Krankheitssymptome noch so gering, daß sie vom Patienten meist gar nicht beachtet werden. Ja selbst Kavernenträger fühlen sich nur allzu oft subjektiv wohl. So ist es schon verschiedentlich vorgekommen, daß ausgezeichnete Sportsleute durch eine Haemoptoe erst auf die Fährte einer ihnen selbst nicht bewußten Krankheit gebracht wurden. Jeder Kavernenträger ist aber Bazillenstreuer und gefährdet somit seine Umgebung. Auch solche Fälle, bei denen röntgenologisch ein Kavum nachgewiesen ist, die aber infolge einer verstopften Drainagebronches vorübergehend bazillennegativ sind, haben als praktisch „offen" zu gelten und müssen in ihrem und im Interesse der Volksgesundheit einer entsprechenden Behandlung zugeführt werden.

Als früheste Form der Erwachsenentuberkulose ist uns heute, unbeschadet seiner exogenen oder enogenen Entstehungsart, der polygonale oder runde Frühherd bekannt. Die Entdeckung dieser Anfänge ist innig verbunden mit den Namen Rieder, Assmann, Redecker, Braeuning u. v. a. Durch das Röntgenverfahren konnten sie erst den Beweis erbringen, daß sich aus solchen Frühinfiltraten die Frühkaverne bis zur irreparablen Phthise entwickeln kann. Die Entwicklung dieser Erkenntnisse ist für das Individuum wie für das Volksganze gleich bedeutungsvoll und hat uns in Bezug auf Therapie und Seuchenbekämpfung ganz neue Wege eröffnet. Rieder, der als Erster im Jahre 1910 Röntgenfilme von Tuberkulösen demonstrierte, deren Kavernen perkutorisch-auskultatorisch nicht nachweisbar waren, stieß damals beim Auditorium des VI. Röntgenkongresses in Berlin auf allgemeines Unverständnis. Er schrieb darüber selbst: „Diese meine Feststellungen wurden auf dem

Röntgenkongreß aber leider nicht anerkannt bzw. nicht gewürdigt, was mich so verdroß, daß ich damals, ärgerlich wie ich war, ungesäumt nach München zurückreiste. Eine mündliche Aussprache einzelner Kongreßmitglieder mit mir hatte bedauerlicherweise das gleiche Ergebnis, d. h. die allgemeine Auffassung ging dahin, daß diese circumscripten, rundlichen Aufhellungen, namentlich in den Spitzen, mit Kavernen nichts zu tun hätten, wenn man sie z. Zt. auch nicht genauer erklären könne."

Zunächst zeigt die sich bildende Kaverne keine scharfumrissene Begrenzung, vielmehr scheint sie wie mit dem Locheisen aus dem umgebenden gesunden Gewebe herausgestanzt zu sein. Die fortschreitende Nekrose und Demarkation drückt sich röntgenologisch in Größerwerden der Aufhellung und der begleitenden Umgebungsreaktion aus. Schminke hat nun gezeigt, daß dieser fortschreitende Zerfall zum Stillstand kommen kann; dabei bildet sich dann eine, als zarter Ringschatten erscheinende dünne Wand und die bisherige Umgebungsreaktion klingt durch die immunbiologische Umstimmung ab. Entsprechend dem Wachsen der Abwehrkräfte setzt sich auch eine stärkere Bindegewebseinlagerung ein, röntgenologisch als Verstärkung des Ringschattens und narbige Verziehungserscheinung sichtbar. Strangkavernen, Kavernenrestlumen und selbst Kavernenvernichtung sind der Ausgang dieser Schrumpfungstendenz. Der Ringschatten kann je nach Dichte und Dicke der Kavernenwand und je nach den durch überdeckende Schichten hervorgerufenen Störungen vollständig oder unterbrochen sein. Der Gewebsausfall bedingt gegenüber dem Normalbild eine schwache oder sogar fehlende Lungenzeichnung, die, zusammen mit dem Ringschatten und ev. einem Flüssigkeitsspiegel das klassische Bild der Kaverne gibt. Die Spiegelbildung kann bedingt sein durch Verengung oder Verziehung des Drainagebronchus, den man unter günstigen Umständen oft zur Darstellung bringen kann. Ist dieser Bronchus dagegen völlig verlegt, so kommt es vor, daß die Kaverne volläuft und sich ihr dichter Schatten von der umgebenden dichten, flächenhaften Verschattung nicht abhebt.

Die röntgenologische Darstellung von Lungenkavernen ist in vielen Fällen nur mittels besonderer Verfahren möglich. Was diese Methoden jeweils leisten, soll in dieser Arbeit anhand der verschiedenen Literaturangaben und der angeführten Fälle I, II, III, zusammengestellt werden; letztere stammen aus dem Material der Filmsammlung des Instituts von den Jahren 1936 und 1937.

1. Durchleuchtung.

Jeder Filmaufnahme geht eine gründliche Durchleuchtung des Thorax voraus und zwar in allen Strahlenrichtungen, wenn nicht schon bei der Übersicht alles geklärt erscheint. Die gebräuchlichste Art der Durchleuchtung ist die in dorso-ventraler Richtung, da hierbei die Rippen wegen der weiteren Interkostalräume nicht so störend wirken wie bei ventro-dorsalem Strahlengang. Dreht man nun den Patienten nach links und rechts in den jeweiligen schrägen Durchmesser, so kann man beurteilen, ob sich Schatten gegenüber anderen, insbesondere gegenüber Rippenschatten verschieben, ob sie dadurch dunkler oder heller werden usw. Echte Hohlräume müssen, weil sie körperlich sind, in jeder Strahlenrichtung gesehen werden, sofern sie nicht von dichten Medien überlagert sind. Die Durchleuchtung im schrägen Durchmesser ist dann besonders vorteilhaft, wenn es gilt, eine Kaverne von einem Teilpneumothorax zu unterscheiden. Der Pneumothorax bleibt dabei meist an der äußeren Brustwand, was besonders anschaulich beim begleitenden Exsudat hervortritt, während die Kaverne mit der Drehung von der Thoraxwand abrückt. Besonders wichtig ist auch das „Auflösen" scheinbarer Ringschatten im Hilusgebiet bei der Durchleuchtung in diesem Durchmesser. — Bei mehr dorsaler Lage eines Lungenherdes wird vorteilhaft neben der dorso-ventralen auch die ventro-dorsale Durchleuchtung herangezogen. Hat man sich über die Verhältnisse im Holzknecht'schen Raum orientiert und auch durch tiefes Ein- und Ausatmen den Zwerchfellrippenwinkel und die Excursionen des Zwerchfells selbst überblickt, dann prüfe man auch die Aufhellungsfähigkeit der Spitzengebiete durch Hustenlassen. Die normalen Lungenspitzen hellen sich dabei auf. — Trotz dieser vielseitigen Möglichkeiten, welche die Durchleuchtung bei der Auffindung von Kavernen bietet, haften ihr doch manche Nachteile an. Abgesehen von den subjektiven Fehlermöglichkeiten, welche sich bei der Durchleuchtung auch für den Geübtesten ergeben, bietet demgegenüber der Film ein objektives, jederzeit demonstrierbares Dokument. U. Schaare zählte bei einer Reihenuntersuchung von 400 Personen 59,5% Durchleuchtungstreffer gegen 17,85% Versager, dazu noch 21,75% krankhafte Veränderungen, bei denen eine Qualitätsdiagnose nicht gestellt werden konnte. Die Fehlresultate beruhen z. T. auf Ermüdung des Untersuchers, zum anderen in der Unterlegenheit der Darstellbarkeit bei der Durchleuchtung gegenüber dem Film. — Ein weiterer Nachteil ist der verhältnismäßig hohe Strahleneinsatz, der bei der Durchleuchtung ungefähr das Dreißigfache gegenüber der Aufnahme beträgt. Zwar wird durch Aluminiumfilter von 1—3 mm Dicke der weiche, schädigende Anteil der Röntgenstrahlen, der an der Bild-

gebung keinen Anteil hat, weil er schon in der Haut des Patienten stecken bleibt, absorbiert, jedoch ist trotzdem eine häufige Wiederholung des Durchleuchtens für den Patienten nicht ungefährlich. — Wesentlichen Einfluß auf das Durchleuchtungsergebnis hat neben der als gegeben vorausgesetzten Übung des Untersuchers auch dessen Qualität der Augen. Für die Wahrnehmbarkeit eines Schattens sind zwei Faktoren erforderlich: 1. Sehschärfe und 2. Kontrastempfindlichkeit. Anhand von Phantomen aus Aluminium und Pertinax konnten G. C. E. Burger und Van Dyk nachweisen, daß nur 19% der Versuchspersonen Kontraste von 8% wahrnehmen konnten, 52% brauchten 10% Kontrast, 29% sogar 15% Kontrast. Auch die Dunkeladaption, die eine Funktion der Retina ist und ebenfalls individuell verschieden ist, wird auf das Durchleuchtungsergebnis einen Einfluß ausüben können. G. C. E. Burger und B. Van Dyk fordern eine Norm von 16—24 Minuten Adaption. Selbst die Erweiterungsfähigkeit der Pupille spielt bei der Durchleuchtung eine nicht unwesentliche Rolle, weil bei einer engen Pupille die Helligkeit des Bildes auf der Netzhaut kleiner ist als bei einer maximal erweiterten Pupille.

2. Die Schirmbildfotografie.

Wie schon der Name sagt, stellt die Schirmbildfotografie eine mit einer Spezialkamera aufgenommene Fotografie des Durchleuchtungsbildes dar. Beim Reichsparteitag 1938 in Nürnberg wurde das Verfahren zum ersten Mal als Großeinsatz in Form von 10736 Untersuchungen ausgeführt, wobei eine durchschnittliche Tagesleistung von 2000 Aufnahmen erzielt wurde. Soviel sich aus den bisherigen Versuchen beurteilen läßt, ist die Schirmbildfotografie infolge der großen Tagesleistung und der verhältnismäßig geringen Kosten bei Massenuntersuchungen der Durchleuchtung weit überlegen, ganz abgesehen davon, daß sie genauere Resultate liefert. Es steht demnach zu erwarten, daß durch dieses neue Verfahren besonders die Kavernenerfassung in weiten Schichten des Volkes ermöglicht wird. Eine abschließende Diagnose soll jedoch die Schirmbildfotografie genau so wenig wie die Durchleuchtung bilden, sondern sie soll nur die Fälle von bestehender Lungenerkrankung heraussuchen, die dann einer entsprechenden klinischen Untersuchung zugeführt werden.

3. Übersichtsaufnahme, Weich- und Hartstrahlenaufnahme, Aufnahmen in verschiedenen Strahlenrichtungen.

Bei mittelharter Strahlung ausgeführt, gewährt die Übersichtsaufnahme bei ventro-dorsalem Strahlengang in vielen Fällen eine

gute Erfassung von Lungenkavernen. Infiltrate mit beginnender Einschmelzung kommen in gleich guter Weise zur Darstellung wie ältere, starrwandige Kavernen oder solche mit bereits cirrhotischen Verziehungserscheinungen. Leider wird bei der Übersichtsaufnahme ca. 60% der Lungenfläche durch die Rippenschatten verdeckt, und ebenso der Holzknecht'sche Raum durch Herz und Gefäßband. Wenn nun noch außerdem Unterlagerungsschatten durch Pleuraschwarten, Kalkherde oder Exsudate und dgl. bestehen, dann müssen andere Verfahren herangezogen werden, die eine einwandfreie Sicherstellung des Zerstörungsherdes bieten. — Die Weichstrahlentechnik nach Chantraine wird zur Kavernendiagnose wohl selten Verwendung finden, da sie zu viele störende Kontraste bewirkt. Dagegen läßt sich die Hartstrahlentechnik, ausgeführt bei Spannungen bis zu 100 kV, zur Analyse besonders von massiven Verschattungen ausgezeichnet verwenden. Die beim Durchgang durch den Körper entstehende Streustrahlung, welche den Bildcharakter beeinträchtigen würde, wird bei dieser Technik durch Bucky-, u. Drehstrahlenblenden sowie Flachblendenraster vom Film ferngehalten. Der an der Röntgenröhre selbst angebrachte Tubus verhindert, daß außerhalb des Bildbereichs liegende Körpergewebe getroffen werden und somit zur Streustrahlenentstehung beitragen.

Fall I.

Übersichtsaufnahme: Die ganze linke Lungenseite zeigt eine massive Verschattung mit einigen größeren wolkigen Aufhellungen im Obergeschoß, die auf ausgedehnte Höhlenbildung verdächtig erscheinen. Die rechte Seite bietet mit Ausnahme einer fleckig-gestreiften Zeichnung im Hilusgebiet und einer gegabelten 4. Rippe keine Besonderheiten.

Hartstrahlaufnahme: Das ganze linke Obergeschoß ist lateral ausgefüllt von einem System zusammenhängender Aufhellungen, die sich sehr deutlich von der wolkig-fleckigen Zeichnung des Mittel- und Unterfeldes abheben. Das Zwerchfell ist in den äußeren Teilen nach seitlich oben ausgezogen.

Die Hartstrahlentechnik hat in diesem geschilderten Fall mit den einfachsten Mitteln zur Sicherung einer einwandfreien Diagnose geführt.

Genau so wie die Hartstrahlentechnik nur für gewisse Fälle der Kavernendiagnostik geeignet ist, wird auch das Aufnahmeverfahren in verschiedenen Strahlenrichtungen den jeweiligen Verhältnissen, entsprechend dem Durchleuchtungsbefund, angepaßt. Überlagerungsschatten kann man durch eine Aufnahme im linken oder rechten schrägen Durchmesser auseinander projicieren. Vermutet man das

Kavum an Stellen, die vom Herz oder Mediastinum verdeckt sind, wird man durch eine Frontalaufnahme, d. h. durch eine Aufnahme von der Seite in frontalem Strahlengang, den nach Holzknecht benannten Raum zwischen Wirbelsäule und Herz in die Darstellung mit einbeziehen. E. Koral und H. A. Scott geben eine Methode in Seitenlage an, mit dem Hinweis, daß dabei die oben liegende Brusthälfte und damit die betreffende Lunge mehr ausgedehnt als in aufrechter Haltung sei. Die Pleurasinus und Lungenteile, die sonst durch Herz, Diaphragma und Mediastinalkuppe verdeckt sind, werden so sichtbar. Kavernen, Flüssigkeitsspiegel und kleine Ergüsse werden deutlicher. — Bei Lungenspitzenaufnahmen schiebt man nach Albers-Schönberg ein Ruhekissen unter den Oberkörper des Kranken und kann so in Rückenlage bei entsprechend ausgeblendeter Röhre beide Lungenspitzen aufnehmen. Ob die Röhre mehr kephal- oder kaudalwärts geneigt werden soll, entscheidet die Thoraxform des zu Untersuchenden. Um die störenden Schlüsselbeinschatten aus den Spitzenfeldern weg zu projizieren, nimmt man den Brustkorb nicht, wie das gewöhnlich geschieht, in Inspirationsstellung, sondern bei stärkster Ausatmung auf (nach Groedel). W. Schmidt geht bei Spitzenaufnahmen so vor, daß er bei gesenkten Clavikeln je zwei Bilder in dorso-ventralem und je zwei in ventro-dorsalem Strahlengang aufnimmt, davon jeweils eine Aufnahme in Kyphose- bzw. Lordosehaltung. Auch bei Übersichtsaufnahmen zieht man gerne zum Vergleich eine Ventrodorsalaufnahme heran und ist oft von dem unerwarteten Befund überrascht.

Fall II.

Übersichtsaufnahme: Zwerchfell trotz schleierartiger Trübung des linken Unterfeldes gut abgrenzbar. Über ganzer Lunge links zahlreiche, kleine und wenig dichte Fleckschatten. Der linke Hilus ist fleckig verdichtet. Infraclaviculär im l. I. C. R. eine feine, horizontale Linie, die den Verdacht auf Spiegelbildung erregte. Im rechten 2. I. C. R. lateral einige frische Streuherde.

Ventrodorsalaufnahme: Im l. I. C. R. kommt jetzt eine deutliche Aufhellung mit Spiegelbildung und Umgebungsreaktion zur Darstellung. — Die Ventrodorsalaufnahme hat somit eindeutig den Nachweis einer größeren Zerstörungshöhle erbracht.

Schließlich sei auch noch auf das Aufnahmeverfahren nach Aussummen hingewiesen, das in einzelnen Fällen eine deutlichere Darstellung von Kavernen bewirkt. Es entsteht hierbei ein deutlicherer Kontrast des Kavums gegenüber einer, durch die Exstirpation luftarm gemachten Umgebung. —

4. Die gezielte Teilaufnahme.

Die Methode der gezielten Teilaufnahme findet dann Anwendung, wenn man unter Führung der Durchleuchtung einen Teilbezirk der Lunge in verschiedenen Projektionen darstellen will. Die den einzelnen Apparattypen zugrunde liegende Idee besteht darin, daß unmittelbar im Anschluß an die Deuchleuchtung ein Film in den Strahlengang geschaltet wird, so daß die gewünschte Projektion erzielt rsp. der verdächtige Lungenbezirk röntgenologisch erfaßt wird. Es ist unschwer zu beurteilen, welche Vorteile mit einer Methode verbunden sind, die nach vorheriger Einstellung mittels Durchleuchtung in jeder Strahlenrichtung und Stellung des Patienten Aufnahmen ermöglicht. Bei der Kavernendiagnostik ist das Zielaufnahmeverfahren eine wertvolle Bereicherung der Darstellungsmöglichkeiten. Auch die Materialspesen sind in Anbetracht des verwendeten kleinen Filmformats verhältnismäßig gering. Ein Nachteil haftet allerdings dem Verfahren an, daß bei zu nahem Fokus-Plattenabstand der üblichen Durchleuchtungsgeräte eine entsprechende Unschärfe entsteht.

5. Schichtverfahren.

a) Kontrakontaktverfahren.

Die von F. Berner angegebene Methode besteht, wie schon der Name sagt darin, daß das Fenster einer hochspannungsgeschützten Röntgenröhre direkt dem Körper des zu Untersuchenden anliegt, während die Filmkassette sich an der gegenüberliegenden Körperseite befindet. Auf diese Weise wird erreicht, daß bei der Aufnahme die fokusnahen Partien stark vergrößert und auseinander projiziert werden, wogegen die filmnahen Teile der Lunge scharf, sowie gegenüber der Fernaufnahme vergrößert erscheinen. Es sind zwei Aufnahmen erforderlich, eine in dorso-ventraler und eine in ventro-dorsaler Richtung, immer natürlich in derselben Höhe des Brustkorbes und möglichst in der gleichen Atemphase. Die Störschatten der brennfleck-nahen Zone werden durch dieses Verfahren weitgehend ausgeschaltet, während die filmnahen Teile ziemlich isoliert dargestellt werden. Zentral gelegene Herde, die bei der Aufnahme von beiden Seiten immer den gleichen Abstand von der Röhre haben, erfahren keine Änderung der Projektion. Befindet sich der verdächtige Herd mehr in der Nähe der Pleura, so liegen optimale Bedingungen vor. — Zur Erzielung brauchbarer Bilder durch das Kontrakontaktverfahren ist die Größe des Brennflecks der Röntgenröhre von ausschlaggebender Bedeutung, weil von ihr der Grad der Bildunschärfe des röhrennahen

Teiles abhängt. Würde man einen punktförmigen Brennfleck verwenden, wie man ihn bei der Drehanodenröhre antrifft, so würde der Zweck nicht erreicht werden, da auch die fokusnahen Partien noch ziemlich scharf zur Darstellung kämen, während man gerade ein Verwischen dieser Zone erreichen will. Man wählt am besten eine Röhre mit ziemlich großem Fokus. Eine besondere Apparatur ist damit für das Verfahren nicht erforderlich. Besondere Verhältnisse für das Kontrakontaktverfahren liegen im Gebiet der Lungenspitzen vor, weil sich der Unterschied zwischen scharf und unscharf umso mehr ausgleicht, je näher die Bildebenen zusammen liegen. Nichtsdestoweniger gelingt es auch hier noch eine brauchbare Auflösung der Lungenstruktur zu erreichen. — Der große Vorteil des Kontrakontaktverfahrens beruht demnach darin, daß man Störschatten auf dem Röntgenbild weitgehendst isolieren, ja sogar durch gewollte Unschärfe der röhrennahen Teile verwischen kann, wodurch die filmnahe Zone scharf und deutlich hervortritt. Dadurch erreicht man auch in vielen Fällen einen Nachweis und die Darstellung von Kavernen, für welche die Übersichtsaufnahme keinen Anhaltspunkt gab.

b) Die Tomographie und Planigraphie.

Das Röntgenschnitt- bzw. Röntgenschichtverfahren stellt den neuesten Fortschritt auf dem Gebiet der Röntgentechnik dar. Das Problem wurde erstmalig 1921 von E. M. Bocage aufgeworfen. Vallebona und Ziedses des Plantes führten die Entwicklung des Verfahrens weiter, während Grossmann und Chaoul der Hauptverdienst an der technischen Entwicklung zufällt. Anstelle der Schattensummation, die das Röntgenübersichtsbild wiedergibt, erzielt man durch die Tomographie bzw. Planigraphie eine Auflösung derselben in den abzubildenden Ebenen. Nach den Erfahrungen am hiesigen Institut mit dem Tomographen gelingt es im allgemeinen, mit drei bis fünf Schnitten eine gewisse Übersicht zu erzielen. Man legt z. B. bei einem Thoraxdurchmesser von 20 cm den ersten Schnitt durch die Mitte, den zweiten in 8 cm, den dritten in 6 cm Tiefe vom Rücken aus gemessen. Die dorsalen Schichten der Lunge werden deshalb bevorzugt, weil sich gezeigt hat, daß diese in dem größeren Teil der pathologischen Fälle besonders bei der Lungentuberkulose für die Diagnostik wesentlich ergiebiger sind. — Der grundsätzliche Unterschied zwischen den beiden Apparattypen, dem Tomograph und dem Planigraph besteht darin, daß die Aufnahmen im Liegen bzw. im Stehen ausgeführt werden. Beides hat seine Vor- und auch

Nachteile. So läßt sich bisweilen bei der Aufnahme im Liegen eine mit viel Sekret gefüllte Zerstörungshöhle nicht darstellen, da sich ihr Schatten von der begleitenden Umgebungsreaktion nicht abhebt. Der Planigraph bringt Spiegelbildungen sowohl von Exsudaten wie auch von mit Sekret gefüllten Kavernen in Erscheinung, doch ist die Fixierung des Patienten im Stehen nicht so gut wie in liegender Haltung beim Tomographen. Bei letzterem kann der Aufnahmetisch auch als Buckytisch Anwendung finden. Zur Erzielung verhältnisgleicher Projektionen ist an den Apparaten eine leicht regulierbare Einrichtung angebracht, die durch eine Verstellung des Drehpunktes der Röhre bzw. des Fokusabstandes erreicht wird. Die auffälligste Erscheinung bei Betrachtung einer Schnittaufnahme ist das Fehlen der Rippenschatten, die bei der Übersichtsaufnahme bis zu 60% der Lungenfläche verdecken; nur an den Randpartien erkennt man die Schnittstellen des knöchernen Thorax. Werden die Trachea oder die Bronchien erfaßt, so lassen sich diese sogar innerhalb des Mediastinalschattens als Aufhellungen erkennen. In der Schnittebene liegende produktive, exsudative oder fibröse Herde lassen sich differenzieren, da sie sich von der Umgebung abheben und in deutlicher Abbildung erscheinen. Überlagerungsschatten von Pleuraschwarten, Infiltraten, Exsudaten und dgl. kann man ausschalten. Kavernen, die bei der Übersichtsaufnahme vielleicht gar nicht zur Darstellung gelangten, kann man durch die Tomographie und Planigraphie nicht nur einwandfrei nachweisen, sondern es läßt sich auch ihre tomographische Bestimmung durchführen, ein unschätzbarer Vorteil besonders für die chirurgische Kavernentherapie. Der Nachweis der Kaverne gelingt auch dann, wenn alle anderen Methoden insgesamt oder zum Teil versagen. Sogar hinter sehr dichten Medien, wie z. B. Schwarten, Plomben, Oleothorax oder Flüssigkeitsansammlungen gelingt die Darstellung gut. Überraschend ist manchmal die Aufdeckung kleiner, vor allem rückennah gelegener, dünnwandiger Kavernen innerhalb sehr dichter, streifig und fleckförmig im Röntgenbild sich abzeichnender Prozesse. Nach plastischen Operationen ist die Tomo- rsp. Planigraphie äußerst aufschlußreich zur Kontrolle der Erfolge. Physikalisch läßt sich eine Resthöhle nach einem chirurgischen Eingriff meist nicht nachweisen; fast über jedem Narbenfeld hört man Geräusche eines Katarrhs, der ebenso aus Narbenbronchiektasen, wie aus Kavernenrestlumen stammen kann. Auch die Tuberkelbazillenausscheidung ist meist erschwert. Bei einer gewöhnlichen Röntgenuntersuchung stößt man auf ein Gewirr von Regeneratschatten und unübersichtlichen ringförmigen Begrenzungen. Die Kavernen sind vielfach flach ausgezogen, bestehen aber weiterhin fort. Die Tomo-

rsp. Planigraphie kann störende Linien vor oder hinter dem Kavernenrestlumen, das sich ja gern in den vorderen oder hinteren mediastinalen Winkel verkriecht, verwischen.

In vielen Fällen gelingt sogar die Darstellung des Drainagebronchus.

Fall III.

Klinische Diagnose: Tbc. pulmonum, Verdacht auf Erweichungsherd.

Übersichtsaufnahme: R: Zwerchfell frei; im Bereich des Ober- und Mittelfeldes von oben nach unten abnehmend zahlreiche, ziemlich gut abgesetzte Fleckschatten. Vom Hilus ausgehend zieht im Verlauf der 3. vorderen Rippe eine Haarlinie nach lateral (Interlobärschwarte). Gefäßzeichnung verstärkt.

L: Zwerchfell soweit übersehbar gut begrenzt. Homogene Verschattung von der Spitze bis zum 3. vorderen I. C. R. reichend mit mehreren wolkigen, nicht deutlich abgrenzbaren Aufhellungsbezirken. Herz und Gefäßband sowie die Trachea sind nach links verzogen. Tomogrammserie: Thoraxdurchmesser 19 cm.

Schnitt I, 10 cm von der hinteren Brustwand.

Trachea und Bifurkation eben angeschnitten. Im Obergeschoß links lateral eine Aufhellung, inmitten dichter Infiltration, die nach unten streifig-fleckig in normale Zeichnung übergeht. Medial von der Aufhellung multiple Kalkherde.

Schnitt II, 9 cm von der hinteren Brustwand.

Anschnitt der Bifurkation; hier deutlich längliche Aufhellung im linken Obergeschoß lateral mit zuführendem Bronchus zu erkennen.

Schnitt III, 8 cm von der hinteren Brustwand.

Anschnitt der Bifurkation, eines großen, länglichen Aufhellungsgebietes im linken Obergeschoß lateral, mit Kanalbronchus. Die Infiltration nimmt nach unten zu.

Schnitt IV, 6 cm von der hinteren Brustwand.

Hier ist die Aufhellung in ihrer größten Ausdehnung angeschnitten, innerhalb einer dichten Infiltration, die noch weiter abwärts reicht als in den vorhergehenden Schnitten. —

Während auf Schnitt I nur eine unscharf begrenzte Polygonalaufhellung zu sehen ist, wächst bei Schnitt II und III immer mehr ein längsovaler Aufhellungsbezirk heraus, der auf Schnitt IV deutlich begrenzt erscheint und fast die doppelte Ausdehnung wie auf Schnitt III aufweist. Charakteristisch ist auch, wie mit abnehmender Schnittiefe die Infiltration nach unten anwächst und die Kalkschatten, die auf dem ersten Schnitt ganz deutlich erscheinen, bei der letzten Aufnahme bis auf einen Rest verschwimmen. —

Obwohl das tomographische bezw. planigraphische Verfahren in seiner heutigen vollwertigen Ausführungsweise erst seit einigen Jah-

ren besteht, kann man doch schon behaupten, daß es bei pathologischen Veränderungen des Lungenparenchyms und speziell hier wieder bei der Darstellung von kavernösen Prozessen die Methode der Wahl darstellt. In Anbetracht des hohen Anschaffungspreises wird allerdings der Tomograph und der Planigraph nur größeren Betrieben wie Röntgeninstituten oder Lungenheilstätten vorbehalten bleiben. Die Aufnahmekosten selbst stellen sich nicht höher als bei einer anderen Differenzierungsmethode. Da man die Möglichkeit hat, den zu klärenden Bezirk einzustellen, so kann man auch entsprechende Bildformate wählen. Meist verwendet man die Filmformate 13:18 cm und 18:24 cm. Die Gestehungskosten für eine Tomogrammserie von drei Aufnahmen belaufen sich bei diesen Formaten auf Mk. 12.— bzw. auf Mk. 14.40 (nach unseren Materialselbstberechnungskosten). Es wird nun immer wieder der Einwand erhoben, das tomographische Verfahren sei nicht wirtschaftlich, weil man zu viele Aufnahmen machen müsse. Dazu ist Folgendes zu sagen: Die Übersichtsaufnahme, die man in allen Fällen anfertigen wird, fällt sowieso nicht in die Kostenberechnung. Gilt es nun, eine Stelle zu klären, bei der die Übersichtsaufnahme nicht die entsprechende Klarheit der Darstellung von Lungenveränderungen verschafft, dann kann man eine der vorne beschriebenen Methoden zu deren Klärung in Anwendung bringen und es besteht die Möglichkeit, daß man damit zum Ziele gelangt, sicher ist es aber nicht und es bleibt schließlich doch nur das tomographische oder planigraphische Verfahren. Wenn man von großer wirtschaftlicher Belastung durch das Schnittaufnahmeverfahren spricht, so möge man einmal die Kosten für ein Pyelogramm zum Vergleich heranziehen. Neben der Kontrastfüllung (z. B. Uroselektan Mk. 18.—) sind mindestens drei Aufnahmen im Format 30:40 cm notwendig (nach unseren Materialselbstberechnungskosten pro Aufnahme Mk. 7.75); demnach sind die Selbstkosten eines Pyelogramms Mk. 41.25, von einer Tomogrammserie im Format 18:24 cm dagegen Mk. 14.40. — Für ein Lebensschicksal kann aber das Tomogramm zum allermindesten die gleiche Bedeutung gewinnen wie die Kontrastdarstellung des Nierenbeckens und der ableitenden Harnwege. Es ist nicht gleichgültig, ob man einem Patienten einen Probepneumothorax anlegt um die Diagnose damit zu klären, oder ob man durch eine Tomogrammserie zu der gleichen Erkenntnis gelangt. Angenommen, es ließe sich nach Anlage eines diagnostischen Pneumothorax eine Höhlenbildung nicht nachweisen, so ist der Kranke für Monate hinaus als arbeitsunfähig zu betrachten, was gleichbedeutend ist mit einer ungeheueren wirtschaftlichen Belastung des Versicherungsträgers sowohl wie auch des

Selbstzahlers. Abgesehen von wirtschaftlichen Erwägungen dürfte auch der Entschluß zu einem Probepneumothorax eine ungleich höhere seelische Belastung erfordern als die Entscheidung für ein Verfahren, das die gleiche Sicherheit der Diagnostik bietet. — Wenn wir demnach heute in der Röntgendiagnostik der Lungenerkrankungen und speziell von Lungenkavernen der Tomographie und Planigraphie allen anderen Verfahren gegenüber den Vorzug einräumen, dann geschieht es in der Erkenntnis, daß diese Darstellungsart die in diagnostischer Hinsicht besten Ergebnisse liefert und vom wirtschaftlichen Standpunkt aus den anderen Methoden der Aufnahmetechnik von Strukturveränderungen im Bereich des Thorax an die Seite zu stellen ist. —

6. Röntgenstereoscopie.

Die Erzielung eines Raumbildes von der Lunge ist der Zweck dieses Verfahrens. Der Vorteil der röntgenstereoscopischen Aufnahme gegenüber der einfachen Sagittalaufnahme, bei der die Schatten aufeinander projiziert werden, liegt in der räumlichen Auflösung der im Thorax liegenden schattengebenden Gebilde. So zeigt sich aus das Infiltrat als eine, im Brunstraum schwebende Kugel. Bei der circumscripten Pleuritis gewinnt man den Eindruck einer, der Innenseite der Rippen anliegenden Scheibe, bei der Kaverne den Eindruck einer im Thorax schwebenden Hohlkugel. Fragliche Ringschatten entstehen oft bei der Übersichtsaufnahme besonders im Hilusgebiet durch Summation von Gefäßschatten. Das stereoscopische Bild läßt erkennen, daß die einzelnen Abschnitte eines derartigen Ringes in verschiedenen Ebenen liegen und sogar nach verschiedenen Richtungen verlaufen. Größere, kompakte Schatten, die u. U. ein Infiltrat vortäuschen, werden im stereoscopischen Bild als kleine, in verschiedenen Ebenen liegende Herdschatten erkannt. — Es ergibt sich nun die Frage, warum ein Aufnahmeverfahren, das solche Vorteile in der Differenzierung und Erfassung von Röntgenbildern bietet, sich nicht allgemein eingebürgert hat. Die Beantwortung läßt sich aus der Tatsache ableiten, daß erfahrungsgemäß viele Täuschungen möglich sind. Diese sind teils physiologischer Art, indem manche Menschen überhaupt nicht die Fähigkeit des stereoscopischen Sehens besitzen, zum anderen setzt die Natur des Röntgenbildes als Summationsbild der praktischen Auswertbarkeit sehr bald eine Grenze. Eine Darstellung hinter dichten Medien läßt sich bei der Stereoscopie überhaupt nicht durchführen, desgleichen ist auch die topographische Bestimmung pathologischer Herde recht schwierig und häufig nicht mit der gleichen Präzision durchführbar wie beim Schnittverfahren.

Endlich sei noch das Atmungskymogramm nach P. Stumpf erwähnt, das u. U. bei der Differentialdiagnose von Kavum und Schwarte in manchen Fällen wertvolle Aufklärung verschaffen kann.

Alle diese Erfolge und Fortschritte in der Darstellung und Erfassung von spezifischen Lungenveränderungen und speziell von Kavernen verdanken wir in erster Linie der Höhe der technischen Ausführung unserer Röntgenapparate. Es sei abschließend auf einige Einzelheiten hingewiesen, da die Qualität der Apparate und des Materials von ausschlaggebender Bedeutung sind.

Die modernen Röntgenapparate für Lungendiagnostik sind heute fast durchwegs mit Drehanodenröhren ausgerüstet. Um ein Anschmelzen des Wolfram-Anodenspiegels zu vermeiden, mußte man früher den Brennfleck bei höherer Belastung vergrößern, erhielt aber dadurch eine herabgesetzte Zeichenschärfe. 1914 verwirklichten Pohl u. a. zum ersten Mal den Gedanken einer beweglichen Anode. In den letzten Jahren wurde eine wesentliche Verbesserung des gleichen Prinzips dadurch erreicht, daß man die Anode rotieren ließ. Im Vergleich zu einer Röntgenröhre mit feststehender Anode ist die Belastungsfähigkeit einer Drehanodenröhre um ein Vielfaches erhöht. Welche Folgerungen sich bei Verwendung einer derart hochleistungsfähigen Röhre für die Lungendiagnostik ergeben, läßt sich leicht überblicken. Infolge der höheren Belastbarkeit gibt es eine Verkürzung der Belichtungszeit; dadurch wird vor allem die Bewegungsunschärfe, entstehend durch die Pulsation des Herzens und der Lungengefäße bedeutend herabgesetzt; desgleichen fällt auch die, besonders bei dyspnoischen Patienten vorhandene Veratmungsunschärfe weg. Die Zeichenschärfe ist durch die Brennfleckverkleinerung erheblich gesteigert. —

Auch die, besonders in größeren Betrieben, verwendeten Apparate für Lungendiagnostik verdienen besondere Erwähnung. Der Kondensatorapparat und der Drehstromapparat stellen die leistungsfähigsten Systeme dar. — Gegenüber dem Transformatorapparat hat ersterer den Vorzug, daß man die für eine Hochleistungsaufnahme benötigte Energie bei geringerer Leistung langsam aus dem Netz entnehmen und mit großer Leistung schnell an die Röntgenröhre abgeben kann, statt darauf angewiesen zu sein, das Netz und den Transformator mit der vollen, für die Kurzzeitschaltung notwendigen Leistung zu belasten und beide dafür dimmensionieren zu müssen. Auf diese Weise werden beim Betriebe des Apparates auch an schwachen Anschlußnetzen der Röntgenröhre große Leistungen zugeführt. Es können somit schwere kurzzeitige Aufnahmen jeder-

zeit hergestellt werden. Die zurzeit entwickelten Kondensatorapparate entsprechen in jeder Hinsicht den höchsten Anforderungen des Lungendiagnostikers. — Der Drehstromapparat mit 6 Ventilen hat aufgrund seiner hohen Leistung von ca. 2000 mA., von denen bei Schützsteuerung allerdings nur etwa 1000 mA. ausnützbar sind, denkbar kurze Schaltzeiten, die mit einem Stoßmagnet- bzw. mAs-Relais erzielt werden. Dieser Apparattyp ist heute an den meisten fortschrittlich geführten Röntgeninstituten anzutreffen. —

In nachstehender Tabelle erfolgt zusammenfassend eine Gegenüberstellung der Vor- und Nachteile bei der der Kavernendarstellung angewandten Methoden.

Autor	Methode	Vorteile	Nachteile
	1. Durchleuchtung	Gute Kavernendiagnose durch Verstellbarkeit des Objekts mittels Drehung, Seitwärtsbeugung (Exsudat), Ein- u. Ausatmung.	Wegen des höheren Strahleneinsatzes Röntgenschäden bei öfterer Wiederholung möglich. Kein dokumentarischer Nachweis. Ermüdbarkeit des Untersuchers. Lange Dunkeladaption erforderlich. Gegenüber der Aufnahme Kontrast und Schärfe wesentlich geringer.
Stumpf Janker Boehme u. a.	2. Schirmbild	Im Vergleich z. Durchleuchtung 10mal größere Tagesleistung, sehr geringe Kosten, genauere Ergebnisse, bessere Archivierung, Massenuntersuchungen.	
	3. Übersichtsaufn. a) (mittelh. Str.)	Einfachste Darstellbarkeit. Kavernen häufig erfaßbar. Gute Wiedergabe der Details.	Hinter dichten Medien keine Darstellbarkeit der Kavernen.
	b) Hartstrahlaufn.	Kavernendarstellung hinter dichten Medien. Analyse von Verschattungen.	Wenig Kontraste, Verschwinden zu vieler Details. (Bei Benützung von Streustrahlenblenden gute Kontraste, Zeichenschärfe aber geringer.)
Chantraine	c) Weichstrahlaufn.	Sehr geeignet zur Erfassung von Primäraffekten u. Streuungsherden.	Zur Kavernendarstellung wenig geeignet. Viele Einzelheiten durch Rippen, Wirbelschatten usw. verdeckt.
	4. Aufnahmen in verschiedener Strahlenrichtung.	Auseinanderziehung von Überlagerungsschatten, Darstellbarkeit des Holzknecht'schen Raums.	Nur als Vergleich zur Übersichtsaufnahme.
	5. Aufnahme nach Aussummen.	In wenigen Fällen deutlichere Darstellung von Kavernen.	

Autor	Methode	Vorteile	Nachteile
Berner	6. Schichtverfahren a) Kontraktverfahren.	Darstellbarkeit von Kavernen durch Unschärfe verdeckender Störschatten. Keine besondere Apparatur erforderlich.	Zentrale Herde nicht darstellbar. U. U. große Hautdosis.
Chaoul Grossmann Bocage Ziedses des Plantes	b) eigentliche Schichtverfahren (hauptsächliche Ausführungsform in Deutschland). Tomographie und Planigraphie).	Schnitte durch alle Ebenen der Lunge möglich und damit ausgezeichnete Kavernendiagnose, ev. Drainagebronchus darzustellen.	Hohe Anschaffungskosten. Größerer Filmverbrauch nur scheinbarer Nachteil (insbesondere, nachdem sowohl bei der Tomographie wie bei der Planigraphie Zielvertrieb möglich ist.
	α Tomographie	Bessere Fixierung des Patienten, da Aufnahme im Liegen. Gerät gleichzeitig als Buckytisch verwendbar.	Spiegelbildung nicht nachzuweisen.
	β Planigraphie	Aufnahme im Stehen läßt Spiegelbildung erkennen.	Fixierung des Patienten schwieriger.
	7. Gezielte Teilaufnahme	Genaue Einstellung des verdächtigen Bezirkes mittels Durchleuchtung. Jede Projektion möglich. Kleines Filmformat.	Unschärfe wegen des bei den gewöhnlichen Durchleuchtungsgeräten geringen Fokus-Plattenabstandes.
	8. Stereoscopie	Räumliche Erfassung und somit topographische Darstellbarkeit von Kavernen.	Nicht jeder Mensch kann stereoscopisch sehen. Schwieriges Aufnahmeverfahren. Keine Darstellbarkeit hinter dichten Medien. Schwierige topographische Bestimmung.

Zum Schlusse meiner Arbeit ist es mir ein Bedürfnis, Herrn Prof. Dr. G. Boehm für die Überlassung des Themas, Herrn Oberarzt Dr. Eckert und Herrn Dr. Schorr für wertvolle Hinweise zu danken.

Literatur-Angabe.

Alexander: Die Diagnose der tuberkulösen Kaverne unter besonderer Berücksichtigung der Röntgendiagnostik. Fortschr. auf d. Gebiet d. Röntgenstr. 55, 1.

Berner: Zur Röntgendiagnostik von kleinen Zerfallsherden in Lungeninfiltraten. Beitr. z. Kl. g. Tbc. Bd. 88 p. 650.

Berner: Kontrakontaktaufnahmen der Lunge. Fortschr. auf d. Gebiet d. Röntgenstr. Bd. 53/2 p. 888.

Bischoff: Die trägheitslose Kurzzeitschaltung und ihre Bedeutung für die Röntgentechnik. Fortschr. 56, p. 76.

Brednow: Die Bedeutung der röntgenologischen Schichtdarstellung der Lungen. Beitr. Klin. Tbk., 1937, 89 S. 109—122.

Chantraine: Zur Prüfung des stereoscopischen Sehens. Röntgenpraxis 7 H. 9 p. 626.

Chantraine: Hartstrahl- oder Weichstrahlaufnahmen bei Lungenaufnahmen. Fortschr. 33/5 p. 723.

Chaoul: Über die Tomographie und insbesondere ihre Anwendung in der Lungendiagnostik. Fortschr. 51/1 p. 342.

Dierichs: Über die Bedeutung vervollkommneter Röntgentechnik für die Klinik der Lungentuberkulose. Röntgenpraxis 6. Jahrg. H. 7 p. 187.

Esbach: Zur zweckmäßigsten Aufnahmetechnik der Lungen bei ausgedehnter massiver Verschattung. Fortschr. Bd. 56 p. 486.

Franke: Wann wird man auf die Verstärkerfolien verzichten können? Röntgenpraxis 7 H. 9 p. 428.

Franke: Grundsätzliches zur Aufnahmetechnik mit trägheitslos sekundär geschalteten Kondensatorapparaten. Fortschr. 56 p. 76.

Graf:	Ein neues universelles Röntgenuntersuchungsgerät. Fortschr. 56/1 p. 226.
Glasscheib:	Allgemeine Röntgenkunde.
Greineder:	Die Röntgenschichtuntersuchung und ihre Bedeutung für die Lungendiagnostik. Münchener Med. Wschr. 1937 p. 892.
Grossmann:	Tomographie I und II. (Röntgenographische Darstellung von Körperschnitten.) Fortschr. 51/1 und 2.
Hartmann:	Verstärkerfolien, ihre Beurteilung und Eigenschaften. Fortschr. 43/6.
Helmreich:	Der Einfluß einiger Faktoren der Aufnahmetechnik auf die Darstellbarkeit von Lungenherden und Kavernen. Fortschr. 40 p. 575.
Hohlfelder	Der erste Großeinsatz des Röntgenreihenbildners im SS-Lager zu Nürnberg. M. M. W. No. 38.
Juris/Rudinger:	Zur Frage der Körnigkeit von mit Verstärkerfolien hergestellten Röntgenaufnahmen. Fortschr. 57/1 p. 53.
Kremer/Luedke:	Röntgenstereoscopie bei Lungenkrankheiten. Ztschr. f. Tbk. Bibl. No. 40.
Kremer:	Die Entwirrung der Spitzenfeldschatten mittels Tomographie. Ztschr. f. Tbc. Bd. 77/H. 4.
Mittermeier:	Über die Bedeutung der Körperschichtaufnahmen für die Röntgendiagnostik der Lungentuberkulose mit besonderer Berücksichtigung der Throraxchirurgie. Dtsch. Wed. Wschr. 1937 Nr. 17.
Rieder:	Ein historischer Rückblick auf den röntgenologischen Nachweis der Destruktionskavernen bei Anfangstuberkulose der Lungen. Fortschr. 46/6 p. 621.
Schaare:	Weitere Untersuchungen über die Leistungsfähigkeit der Röntgendurchleuchtung der Lungen. Zbl. f. Tbk. 74 p. 241.
Schmidt, W.:	Leistung und Grenzen des Röntgenverfahrens bei der Erkennung tuberkulöser Lungenveränderungen. Tbk.-Bibl. Nr. 57.
Schmidt, P. G.:	Differentialdiagnose der Lungenkrankheiten. Tbk.-Bibl. Nr. 60.

Schmidt: Methoden zur Indikationsstellung der gezielten Plastik unter besonderer Berücksichtigung der Körperschichtaufnahme. Beitr. z. Kl. d. Tbk. Bd. 88/4 p. 340—353.

Schulte-Tigges: Die physikalisch-röntgenologischen Voraussetzungen zur Erzielung einer guten Lungenaufnahme. Die Tuberkulose 1935 p. 261.

Schulz: Über den Wert des Röntgenraumbildes in der Lungendiagnostik. Ztschr. f. Tubk. Bd. 76/1.

Vallebona: Über die Methoden zur Aufnahme von Röntgenbildern, die eine Zerlegung der Schatten ermöglichen. Fortschr. 48/5.

Vogler: Der Ultrakontrast-Röntgenfilm und seine optimale Entwicklung. Fortschr. Bd. 57/5 p. 529.

Ziedses des Plantes: Planigraphie. Fortschr. Bd. 47 p. 407—411.

Lebenslauf.

Ich bin am 4. April 1909 zu Regenstauf geboren als Sohn des Fabrikbesitzers Karl Gottfried und dessen Ehegattin Olga geb. Jordan. Nach 5 Volksschulklassen besuchte ich in Regensburg das Realgymnasium, an dem ich am 21. März 1929 die Reifeprüfung ablegte. Anschließend war ich zwei Jahre im väterlichen Fabrikbetrieb tätig. Am 1. Mai 1931 immatrikulierte ich mich in der Medizinischen Fakultät der Universität zu Erlangen. Vom 2. mit 11. Semester studierte ich an der Ludwig-Maximilians-Universität München Medizin. Dort legte ich auch mein Staatsexamen ab, das ich am 15. Dezember 1936 beendete. Vom 1. Januar 1938 bis 1. September 1937 war ich als Medizinpraktikant in der Lungenheilstätte Donaustauf und vom 1. September bis 31. Dezember 1937 in der gleichen Eigenschaft an der Medizinischen Poliklinik München tätig. Seit 1. Januar 1938 arbeite ich als Volontärarzt in der Chirurg. Abteilung des Krankenhauses der Barmherzigen Brüder zu Regensburg. Seit 1. 5. 38 bin ich verheiratet.